

学校编码: 10384

密级\_\_\_\_\_

学 号: 22320131151359

厦 门 大 学

硕 士 学 位 论 文

围填海对东中国海潮汐的影响

Influence of reclamation on tide processes in Eastern China

Seas

丁 萍

指导教师姓名: 江 毓 武 教 授

专 业 名 称: 物 理 海 洋 学

论文提交日期: 2016 年 05 月

论文答辩时间: 2016 年 05 月

2016 年 05 月

## 厦门大学学位论文原创性声明

本人呈交的学位论文是本人在导师指导下,独立完成的研究成果。本人在论文写作中参考其他个人或集体已经发表的研究成果,均在文中以适当方式明确标明,并符合法律规范和《厦门大学研究生学术活动规范(试行)》。

另外,该学位论文为(海洋模型)课题(组)的研究成果,获得(海洋模型)课题(组)经费或实验室的资助,在(海洋模型)实验室完成。

(请在以上括号内填写课题或课题组负责人或实验室名称,未有此项声明内容的,可以不作特别声明。)

声明人(签名):

年 月 日

## 厦门大学学位论文著作权使用声明

本人同意厦门大学根据《中华人民共和国学位条例暂行实施办法》等规定保留和使用此学位论文，并向主管部门或其指定机构送交学位论文（包括纸质版和电子版），允许学位论文进入厦门大学图书馆及其数据库被查阅、借阅。本人同意厦门大学将学位论文加入全国博士、硕士学位论文共建单位数据库进行检索，将学位论文的标题和摘要汇编出版，采用影印、缩印或者其它方式合理复制学位论文。

本学位论文属于：

（        ） 1. 经厦门大学保密委员会审查核定的保密学位论文，  
于    年    月    日解密，解密后适用上述授权。

（    ☒    ） 2. 不保密，适用上述授权。

（请在以上相应括号内打“√”或填上相应内容。保密学位论文应是已经厦门大学保密委员会审定过的学位论文，未经厦门大学保密委员会审定的学位论文均为公开学位论文。此声明栏不填写的，默认为公开学位论文，均适用上述授权。）

声明人（签名）：

年    月    日

# 目录

摘要.....	I
Abstract.....	III
第一章 绪论 .....	1
1.1 研究背景及意义 .....	1
1.2 围填海对近岸海洋影响的国内外研究进展 .....	2
1.3 东中国海的相关概况 .....	4
1.4 东中国海潮汐研究现状 .....	4
1.5 研究目标及内容 .....	6
1.6 本文研究工作 .....	6
第二章 东中国海数值模型 .....	7
2.1 数值模式介绍 .....	7
2.1.1 控制方程.....	7
2.1.2 边界条件.....	8
2.1.3 时间步长设置.....	11
2.1.4 水平网格和垂向网格.....	11
2.2 模式设置及验证 .....	13
2.2.1 模式区域网格设计及摩擦系数选取.....	13
2.2.2 模型参数及开边界条件.....	14
2.2.3 模型验证.....	15
第三章 东中国海潮汐水动力特征 .....	21
3.1 潮汐潮流特征 .....	21
3.1.1 半日分潮.....	21
3.1.2 全日分潮.....	22
3.1.3 潮流.....	23
3.2 潮能通量 .....	27
3.2.1 半日分潮潮能通量.....	27

3.2.2 全日分潮潮能通量.....	29
3.2.3 潮能耗散.....	32
3.3 小结 .....	34
<b>第四章 围填海后潮汐特征 .....</b>	<b>36</b>
4.1 围填海前后潮能通量的差异 .....	37
4.1.1 半日潮潮能通量差异.....	37
4.1.2 全日分潮潮能通量差异.....	40
4.2 围填海前后潮振幅的差异 .....	42
4.2.1 半日分潮振幅的差异.....	42
4.2.2 全日分潮振幅的差异.....	44
4.3 南黄海无潮点与振幅变化的分析研究 .....	44
4.3.1 运用开尔文波性质对南黄海右岸潮振幅进行探讨.....	44
4.3.2 无潮点位置变化的分析与探讨.....	49
4.4 小结 .....	53
<b>第五章 总结与展望 .....</b>	<b>55</b>
5.1 全文总结 .....	55
5.2 未来工作展望 .....	56
<b>参考文献 .....</b>	<b>57</b>
<b>致谢.....</b>	<b>61</b>

## Table of Contents

<b>Abstract in Chinese.....</b>	<b>I</b>
<b>Abstract in English .....</b>	<b>III</b>
<b>Chapter 1 Introduction .....</b>	<b>1</b>
1.1 Research background and significance .....	1
1.2 Research progress of reclamation on coastal oceans around ...	2
1.3 Situation for the East China Sea .....	4
1.4 Present for the tidal research.....	4
1.5 Goals and contents of this study .....	6
1.6 Work for this study .....	6
<b>Chapter 2 Numerical model for East China Sea .....</b>	<b>7</b>
2.1 Introduction for the numerical model .....	7
2.1.1 Governing equation .....	7
2.1.2 Boundary conditions.....	8
2.1.3 Set time step.....	11
2.1.4 Vertical and horizontal grid.....	11
2.2 Model configuration and validation.....	13
2.2.1 Regional grid design for the mode and friction coefficient select .....	13
2.2.2 Parameters and open boundary conditions .....	14
2.2.3 Model validation .....	15

## **Chapter 3 Hydrodynamic characteristics of tide in Eastern China**

<b>Seas .....</b>	<b>21</b>
<b>3.1 Characteristics of tide and tidal current .....</b>	<b>21</b>
<b>3.1.1 Semidiurnal tide.....</b>	<b>21</b>
<b>3.1.2 Diurnal tide.....</b>	<b>22</b>
<b>3.1.3 Tidal current.....</b>	<b>23</b>
<b>3.2 Tidal energy flux .....</b>	<b>27</b>
<b>3.2.1 The energy flux for Semidiurnal tide.....</b>	<b>27</b>
<b>3.2.2 The energy flux for diurnal tide .....</b>	<b>29</b>
<b>3.2.3 Tidal energy dissipation .....</b>	<b>32</b>
<b>3.3 Summary.....</b>	<b>34</b>

## **Chapter 4 Characteristics of tide after reclamation .....**

<b>4.1 Tidal energy difference after reclamation .....</b>	<b>37</b>
<b>4.1.1 The energy difference for semidiurnal tide.....</b>	<b>37</b>
<b>4.1.2 The energy difference for diurnal tide.....</b>	<b>40</b>
<b>4.2 The amplitude difference after reclamation.....</b>	<b>42</b>
<b>4.2.1 The amplitude difference for semidiurnal tide .....</b>	<b>42</b>
<b>4.2.2 The amplitude difference for diurnal tide .....</b>	<b>44</b>
<b>4.3 Study changes of amphidromic and amplitude in South Yellow Sea.....</b>	<b>44</b>
<b>4.3.1 Study variation of amplitude in the right bank of South Yellow Sea by using Kelvin wave nature .....</b>	<b>44</b>

4.3.2 Analysis and discussion for amphidromic position changing.....	49
4.4 Summary.....	53
Chapter 5 Summary and expectation .....	55
5.1 Conclusions.....	55
5.2 Further work .....	56
References .....	57
Acknowledgement.....	61



## 摘要

本研究基于区域海洋模式（Regional Ocean Modeling System）建立了东中国海二维潮汐水动力模型。利用该模型结果讨论了渤、黄、东海的水动力特征及苏北沿岸围填海对其水动力环境的影响。最后对南黄海无潮点的移动与韩国西岸潮振幅的变化关系进行了探讨。

水动力模型结果与中国沿岸验潮站观测数据比较显示， $M_2$ 、 $S_2$ 、 $K_1$ 、 $O_1$  四个主要分潮振幅和迟角的均方根误差分别为 10cm 和  $33.2^\circ$ 、6.2cm 和  $34.5^\circ$ 、8.8cm 和  $29.4^\circ$ 、6.0cm 和  $40.6^\circ$ 。比较结果表明：模型结果与验潮站观测数据基本一致；该模型能够较为准确地模拟渤、黄、东海的潮波运动；模型结果能够用于讨论该海域的水动力特征。模型结果分析显示，渤、黄、东海的水动力环境特征主要有以下几个方面：

- （1）该海域存在 5 个独立的半日旋转潮波系统，其中渤海、黄海各两个，朝鲜海峡一个；半日分潮从台湾岛到日本九州之间进入东海的潮能通量，大部分直接进入黄海后折向东北沿韩国西岸北向传播； $M_2$ （ $S_2$ ）分潮在东海、南黄海、北黄海、渤海的潮能通量耗散分别为 43.3%、27.4%、7.7%、2.6%（44.8%、33.6%、4.5%、1.4%）。
- （2）全日分潮分别在渤海海峡、黄海和朝鲜海峡各有一个逆时针旋转潮波；来自西北太平洋的全日分潮潮能通量沿台湾至九州之间进入东海的潮能通量很少，大部分沿西南方向传播直至台湾岛南岸，并未进入东海，这也是全日分潮振幅较半日分潮小很多的原因； $K_1$ （ $O_1$ ）分潮在东海、南黄海、北黄海、渤海的潮能通量耗散分别为：56.6%、11.5%、1.6%、6.5%（55.8%、11.8%、1.4%、5.5%）。

通过苏北沿岸围填前后模拟结果比较，分析苏北沿岸围填对渤、黄、东海域潮波运动的影响，主要结论如下：填海后，韩国、朝鲜西岸半日潮潮能通量增加显著，杭州湾半日潮潮能通量减幅最大，苏北沿岸的半日潮潮能通量大部分折向东北传播到朝鲜半岛西岸，而杭州湾的半日潮潮能通量向东传播进入东海； $M_2$  分潮在韩国西岸潮振幅增幅最大达 15cm，而其在杭州湾口的降幅最大，可达

15cm;  $S_2$  分潮在长江口北岸振幅增幅最大达 15cm, 而其在杭州湾的降幅最大, 为 7cm 左右。

本研究还证实了苏北沿岸围填前后, 南黄海  $M_2$  分潮无潮点至韩国西岸水体运动具有凯尔文波特征。根据凯尔文波潮位分布特征与潮能通量守恒假设, 建立了南黄海  $M_2$  分潮无潮点位置移动与韩国西岸  $M_2$  分潮振幅变化的关系, 并与数值模式结果进行比较, 结果表明二者趋势相同。我们利用陈宗庸<sup>[54]</sup>提出的由无潮点估算潮位振幅分布的方法, 分别估算围填前后韩国西岸的潮位振幅, 并与数值结果进行对比, 结果表明二者具有较好的一致性。

全文得到主要的结论是: 苏北围海后, 朝鲜、韩国西岸的振幅增加是由于无潮点位置东移, 潮能通量向东岸增加所致。

关键字: 围填海; 潮汐; 无潮点; 潮能通量; 东海

## Abstract

Based on Regional Ocean Modeling System, this study established a two-dimensional hydrodynamic tide model for Eastern China Seas. Based on the model results, we presented the hydrodynamic characteristics of Bohai Sea, Yellow Sea and East China Sea. Numerical experiments were carried out to assess the influence of Subei coastal reclamation on the hydrodynamics in its adjacent sea. Some efforts have been casted on investigating the relationship between the amphidromic point in the southern Yellow sea and tidal amplitude of sea level at the western coast of the South Korea.

The comparisons between the model results and observational data from China coastal tide gauge shows that root mean squared errors of amplitude for the four main tidal components ( $M_2$ ,  $S_2$ ,  $K_1$ , and  $O_1$ ) are 10cm, 6.2cm, 8.8cm, and 6.0 cm, respectively, and the corresponding root mean squared errors of phase  $33.2^\circ$ ,  $34.5^\circ$ ,  $29.4^\circ$ , and  $40.6^\circ$ . The comparisons indicate that the model results agree well with the observational data, and the model could simulate the tidal motion in the model domain. Therefore, it is proper to discuss the hydrodynamics character in the model domain based on model simulation. The following conclusions on the hydrodynamics characteristics in the model domain are obtained from the model domain:

- (1) Five independent semi-diurnal amphidromic systems appear in the study domain,,two of them in the Bohai Sea, another two in the Yellow Sea, and the other one in Korea strait. Most of the semi-diurnal tidal waves from the waterway between the Taiwan Island and Kyushu in Japan move into Yellow Sea, turn northeast, and propagate along the west coast of the Korea. The statistics of semi-diurnal tidal energy dissipation shows 43.3%, 27.4%, 7.7%, and 2.6% for  $M_2$  tide (44.8%, 33.6%, 4.5%, and 1.4% for  $S_2$  tide) in the East China Sea, southern Yellow Sea, northern Yellow Sea, and Bohai Sea, respectively.

- (2) Three anti-clockwise diurnal amphidromic systems appear in the Bohai Sea, Yellow Sea, and Korea strait respectively. Less of the diurnal tidal waves from the waterway between the Taiwan Island and Kyushu in Japan move into East Sea, and most of them move southwest until the Taiwan Island. This is why the amplitudes of diurnal tide are smaller than those of semi-diurnal tide. The statistics of diurnal tidal energy dissipation shows 56.6%, 11.5%, 1.6%, and 6.5% for  $K_1$  tide (55.8%, 11.8%, 1.4%, and 5.5% for  $S_2$  tide) in the East China Sea, southern Yellow Sea, northern Yellow Sea, and Bohai Sea, respectively.

The main conclusions on the influence of Subei coastal reclamation for the hydrodynamics in the study domain are obtained through comparing the results of designed numerical experiments. They are presented as follows: After reclamation, the flux of semi-diurnal tidal energy increases obviously in the west coast of the Korea, but its maximum reduction occurs in Hangzhou Bay. Most of the tidal waves in the Subei coast propagate northeast into the west coast of Korea, while those in Hangzhou Bay move east into the East China Sea. The maximum increase of  $M_2$  tide amplitude occurs in the west coast of the North Korea, about 15 cm, and its maximum decrease occurs in Hangzhou Bay, about 15 cm. The maximum increase of  $S_2$  tide amplitude occurs in the northern bank of Yangtze River Estuary, about 15 cm, and its maximum decrease occurs in Hangzhou Bay, about 7 cm.

With or without reclamation, it is showed that Kelvin waves exist in the water between the amphidromic point of  $M_2$  in the southern Yellow Sea and the west coast of Korea. Based on tidal elevation amplitude distribution function of Kelvin wave and the assumption of tidal energy flux conservation, the relation between the movement of the amphidromic point of  $M_2$  in the southern Yellow Sea and the change of tidal elevation amplitude in the west coast of Korea has been deduced. The relation has been examined by the numerical results, and showed a similar trend. The distribution of  $M_2$  tidal elevation amplitude is also evaluated via the position of the amphidromic point, and good agreement is presented, especially in the west coast of Korea.

The main conclusion in this paper is after Subei coastal reclamation the amplitude increase in the West Bank of North Korea and South Korea, which is due to the amphidromic point to eastward result in tidal energy flux increase to the east coast.

Keywords: reclamation; tide; amphidromic point; tidal energy flux; East China Sea.

## 第一章 绪论

### 1.1 研究背景及意义

围填海作为人类开发利用海洋的主要方式，在世界上许多国家都较为普遍。世界围填海主要分布在 4 个区域，分别是东南亚沿岸：中国、日本、韩国、新加坡等；波斯湾沿岸：迪拜、卡塔尔等；欧洲：荷兰、希腊、德国、英国、法国等；美洲沿岸：美国东海岸、墨西哥湾沿岸等<sup>[1]</sup>。围填海是各国经济发展不可或缺的举措之一，带来了显著的社会经济效益。

我国记载最早的围填海项目是距今 2000 多年前的汉代，唐、宋、元、明、清等史料中也可以看到有关围填海的记载，主要用于防灾、农垦或晒盐。当代围填海始于 20 世纪 50 年代，据有关研究表明，到上世纪末，围填海的面积约 120 万公顷，主要经历了以下三次围填海高潮：第一次是建国初期的围海晒盐，形成了沿海地区四大盐场，其中长芦盐场、海南莺歌盐场就是这一时期围海建设的；第二次是上世纪 60 年代中期至 70 年代的围海造田，形成了大量的农业耕地，为我国的粮食生产和经济建设做出了重要贡献；第三次是上个世纪 80、90 年代开始的围海养殖热潮，使我国成为世界第一养殖大国<sup>[2]</sup>。

近年来，随着我国经济的快速发展，城市化、工业化和人口向沿海地区聚集趋势的进一步加快，沿海地区土地资源不足导致的用地矛盾突出已成为制约沿海地区社会经济可持续发展的重要因素。在这一背景下，沿海地区把寻找土地的目光投向了大海，海洋渔业、临海工业、旅游、港口经济的发展等都迫切需要围填海。填海解决了城市建设、临港工业园、港口码头和物流区的用地需求，缓解了经济发展和建设用地不足的矛盾，取得了显著的经济效益。例如，天津市临港工业区一期 20km<sup>2</sup> 围海造陆工程，形成的土地直接经济价值达百亿元。围填海给社会带来显著社会效益的同时，也影响着沿海地区的海洋环境。如对近岸海域水文动力环境、沿海生态系统、滨海湿地生态和景观以及渔业资源等的影响。

根据国家海洋局每年公布的全国海域使用管理公报，2002 至 2013 年底，全国累计确权填海面积为 11.09 万平方公顷，平均每年 1 万平方公顷。全国围填海造地在区域分布上，主要集中在分布于浙江省、福建省、江苏省、辽宁省和天津

市等区域,占到同期全国围填海造地面积的 68.89%,比例分别为 16.57%、15.63%、14.05%、14.00%和 12.64%<sup>[3]</sup>。

2013 年中共中央政治局就建设海洋强国进行集体研究时,指出要着眼于中国特色社会主义事业发展全局、坚持陆海统筹、坚持走依海富国、依海强国、人海和谐、合作共赢的发展道路,通过和平、发展、合作、共赢方式、扎实推进海洋强国建设。在经济发展和推进海洋强国建设的双重战略需求下,近岸的围填海势在必行。围填海在解决土地紧缺的矛盾时,也对海洋的近岸和河口地区产生一系列的影响,且近海海洋是海洋系统与人类活动关系最为密切的部分。近岸和河口地区,是人类进行生产活动活跃的区域,且这个海域潮汐现象也最为显著,对人们日常的生产和生活影响很大。表现在以下几个方面:潮水上涨,能使近岸河水水位升高,有利于农田灌溉;水产养殖在放苗、施肥、管理等考虑潮汐规律,就能事半功倍,同时避免不必要的损失;海水晒盐方面,高潮时纳水比低潮时含盐量高,且泥沙杂质少;在海上交通运输方面,在某些港口,吨位大、吃水深的船舶要候潮才能进出港口;此外,船舶顺流而行,能加快航速,节约时间和燃料,在一定程度上也可以提高安全系数。潮水异常上涨也具有极大的危害,如果叠加降雨、风暴增水过程,水位高于警戒水位,将破坏房屋结构、危及交通安全。

潮汐作为大陆架浅海海洋中占主要作用的海洋运动,围填海作为近代缓解土地稀少问题的重要举措,二者彼此互相影响。围填海在一定程度上改变了海岸线,而岸线的改变会对作为水动力主要成分的潮汐产生影响:比如潮振幅、潮能传播等,且潮汐对近岸的人们的日常生活和生产影响很大,所以研究围填海对大陆架浅海中潮汐的影响是十分必要的。

## 1.2 围填海对近岸海洋影响的国内外研究进展

围填海作为人类开发利用海岸资源的一种重要措施,国内外诸多学者很关注这一块的发展。从不同角度对围填海对近岸海洋影响进行了研究。主要从以下方面进行了研究<sup>[4]</sup>。

围填海对滨海地形地貌、湿地景观的影响研究。主要集中在两个方面:(1)将围填海活动作为海洋工程之一开展研究,分析围填海活动开展后滨海湿地演变、景观格局及岸滩变迁,并探讨原因和机制原理;(2)将水动力、沉积和环境结合,

主要从泥沙来源、冲淤演变等方面探讨围填海对海湾、滨海湿地等生态环境地形地貌的影响。

围填海对近岸海域生态系统的影响。围填海改变了海洋物理化学环境,引起海洋生态系统和功能结构的变化。主要集中于对浮游生物群落和底栖生物群落研究<sup>[5, 7]</sup>。

围填海对滨海湿地的影响研究。围填海引起的滨海湿地退化具有多阶段多层次的特征,其能够引起湿地生态环境条件变化、影响湿地生物时空动态及湿地生态功能。围垦通过改变潮滩湿地生态环境中如潮滩高程、水动力、沉积物特性、植被演替等环境因子,各种因子的综合作用,从而影响底栖动物群落结构及多样性。国际上对围填海影响下滨海湿地退化过程与功能损失研究,主要关注围填海对湿地生物多样性和生态过程生物影响,更加侧重于探索围填海的生态环境效应。

围填海对渔业资源的影响研究。苏纪兰等<sup>[8]</sup>认为,渤海沿岸大规模围海养殖,多数河流断流等导致对虾栖息地缩小和受到污染,可能影响了对虾早期发育和种群补充,从而导致中国 20 世纪末对虾捕捞业的衰退。有关围填海影响生物资源量的基础研究国内外都缺乏。毋庸置疑的是围填海直接掩埋、挤占生物的栖息地,且通过改变水体和底质的物理化学性质和生态群落使生物的关键生态环境发生变异。在一定程度上阻碍了生物的正常洄游、繁殖和种群的补充。只有对围填海海区生物资源动态进行长期的调查研究,并结合生物学、水动力沉积和生态学实验以及历史数据整理分析,才能逐步认识围填海影响生物资源的过程、程度和机理。

围填海对近岸海域水沙动力环境的影响研究。大规模的围填海活动通过海堤建设改变局部海岸地形,影响着围填海区的附近潮汐、波浪等水动力条件,导致水动力、沉积物和泥沙运移状况发生改变,并形成新的冲淤变化趋势,从而对围填海附近的海岸线、海底地形、港口航道淤积和海湾纳潮量等带来影响。Byun 等<sup>[9]</sup>通过对韩国灵山河口木浦沿海围填海的研究,发现潮汐振幅和迟角发生变化, $M_2$ 、 $S_2$ 、 $M_4$ 、 $MS_4$  填海后潮差变大, $K_1$ 、 $O_1$  潮差变小。罗章仁等<sup>[10]</sup>研究指出,围填海影响了香港维多利亚港的水动力,减少了其纳潮量和纳潮面积,减弱了潮流动力,水域的减少使其没有对波浪起消能作用的浅滩,已经对部分船的航行安



Degree papers are in the “[Xiamen University Electronic Theses and Dissertations Database](#)”.

Fulltexts are available in the following ways:

1. If your library is a CALIS member libraries, please log on <http://etd.calis.edu.cn/> and submit requests online, or consult the interlibrary loan department in your library.
2. For users of non-CALIS member libraries, please mail to [etd@xmu.edu.cn](mailto:etd@xmu.edu.cn) for delivery details.